



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕПЛОФИЗИКА***

Направление подготовки (специальность)  
20.03.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Техносферная безопасность

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 21.03.2016 г. № 246)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности

\_\_\_\_\_ А.Ю. Перягинский

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

\_\_\_\_\_ С.В. Матвеев

Рецензент:  
зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК", канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Теплофизика» является изучение фундаментальных законов переноса теплоты, современной теории теплообмена и применение их в тепловых расчетах нагрева и охлаждения тел различной формы с различными теплофизическими свойствами; формирование у студентов, на основе полученных знаний и умений, навыков их применения в профессиональной деятельности при решения профессиональных задач.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теплофизика входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Информатика

Гидрогазодинамика

Технология производства

Технологические процессы и оборудование предприятий горно-металлургического комплекса

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Надежность технических систем и техногенный риск

Организация и управление безопасностью жизнедеятельности

Экологические проблемы промышленных зон

Экология промышленных регионов

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Переработка и утилизация отходов производства

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплофизика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-22 способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач	
Знать	Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; основные проблемы естественнонаучных дисциплин; основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин.
Уметь	Выбрать методики базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин; грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы; грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы и решить её разными способами.
Владеть	Навыками проведения анализа поставленной задачи; навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи; навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи и решить её разными способами.

ПК-23 способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	
Знать	Основные определения и понятия базовых знаний в области естественно-научных дисциплин. Фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам. Основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность.
Уметь	Объяснять типичные модели задач в области теплообмена. Обсуждать эффективные способы решения проблем теплообмена строить и анализировать математические модели теплообмена. Распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного тепло-обмена.
Владеть	Способами демонстрации умения владеть сбором информации для тепло-технических расчётов. Способами сбора и анализа информации о тепло-обменных процессах конвекцией, излучением и теплопроводностью. Методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью.
ОК-4 владением компетенциями самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность обучаться)	
Знать	Основные существующее действующее теплотехническое оборудование промышленных производств; направления совершенствования и тенденции мирового развития в области теплотехнического оборудования
Уметь	Определять основное существующее действующее теплотехническое оборудование промышленных производств; определять пути совершенствования области теплотехнического оборудования
Владеть	Методами сбора и представления информации для определения основного действующего теплотехнического оборудования промышленных производств; навыками критического анализа направлений совершенствования в области теплотехнического оборудования.

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 51,95 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,95 акад. часов
- самостоятельная работа – 56,05 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Semestr	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Понятие теплопередачи								
1.1 Термодинамика и механика газов. Основные сведения. Энтальпия, теплота. Основные уравнения течения газа. Основные сведения из механики	6	3		6	10	Самостоятельное изучение учебной литературы. Раздел 6, п. 6.1. Приложение 1.	Конспект лекций	ПК-22, ПК-23, ОК-4
1.2 Режимы движения жидкости. Истечение газа через отверстия. Уравнение Бернулли. Струйное движение газа. Тепло- и массоперенос. Явления, законы и уравнения переноса вещества, тепла и импульса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.		4		8/4И	10	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка ИДЗ №1. Раздел 6, п. 6.1. Приложение 1.	Конспект лекций; рас-чет практического задания.	ПК-22, ПК-23, ОК-4
1.3 Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Теплопередача		4		8/4И	10	Самостоятельное изучение учебной литературы; ИДЗ №2. Раздел 6, п. 6.1. Приложение 1.	Конспект лекций; расчет практического задания.	ПК-22, ПК-23, ОК-4

1.4 Конвективный тепло- и массоперенос при свободном и вынужденном течении. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Радиационный тепло- и массоперенос. Основные понятия и законы. Виды лучистых потоков. Сложный теплообмен.		2		4/4И	10	Самостоятельное изучение учебной литературы; ИДЗ №3. Раздел 6, п. 6.1. Приложение 1.	Конспект лекций; рас-чет практического задания.	ПК-22, ПК-23, ОК-4
Итого по разделу		13		26/12И	40			
2. Раздел 2. Теплогенерация								
2.1 Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива. Основы теории горения.	6	2		4	10	Самостоятельное изучение учебной литературы; ИДЗ №4. Раздел 6, п. 6.1. Приложение 1.	Конспект лекций; рас-чет практического задания.	ПК-22, ПК-23, ОК-4
2.2 Расчеты полного и неполного горения топлива. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.		2		4/2И	6,05	Самостоятельное изучение учебной литературы; ИДЗ №5. Раздел 6, п. 6.1. Приложение 1.	Конспект лекций; расчет практического задания.	ПК-22, ПК-23, ОК-4
Итого по разделу		4		8/2И	16,05			
Итого за семестр		17		34/14И	56,05		зачёт	
Итого по дисциплине		17		34/14И	56,05		зачет	ПК-22,ПК-23,ОК-4

## 5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплофизика» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на практических работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки конспектов и ИДЗ.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Дзюзер, В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Я. Дзюзер. Санкт-Петербург: Лань. 2017. 384 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/93750/#1>

2. Смирнов, В. Г. Теплофизика : учебное пособие / В. Г. Смирнов, В. В. Дырдин, Т. Л. Ким. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. — 171 с. — ISBN 978-5-00137-007-9. Режим доступа URL: <https://e.lanbook.com/book/115162>

### б) Дополнительная литература:

1. Кудинов, А.А. Газодинамика: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов. М.: ИНФРА-М. 2018. 336 с. <http://znanium.com/catalog/product/918073>

2. Кудинов, А.А. Теплообмен: Учебное пособие [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов. М.: НИЦ ИНФРА-М. 2015. 375 с. <http://znanium.com/catalog/product/463148>

3. Брюханов, О.Н. Шевченко, С.Н. Теплообмен: Учебник [Текст] / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. М.: НИЦ Инфра-М. 2012. 464 с.

<http://znanium.com/catalog/product/258657>

4. Кудинов, А. А. Горение органического топлива: Учебное пособие / Кудинов А.А. - Москва :НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 390 с. (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-009439-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/441989>

### в) Методические указания:

1. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сенчикин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск: МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true>

2. Пинтя, Т. Н. Экспериментальное исследование процессов термодинамики.



Лабораторный практикум: учебное пособие / Т. Н. Пинтя ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1242.pdf&show=dcatalogues/1/1123323/1242.pdf&view=true>

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно
Adobe Reader	свободно	бессрочно
MS Windows 10 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>

Международная база научных материалов в области	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические	<a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: - доска, мел.

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### 6.1. Перечень вопросов для текущего контроля

#### Раздел 1: тема 1.1.

1. Что такое уравнение состояния? Написать уравнение состояния идеального газа.
2. Что такое термодинамический процесс? Объяснить понятия равновесный и неравновесный процессы.
3. Что такое массовая, объемная, мольная теплоемкость? Изобарная и изохорная теплоемкость?
4. Почему изобарная теплоемкость больше изохорной? Какая связь между ними?
5. Почему теплоемкость зависит от процесса? Дайте значения теплоемкостей для основных процессов изменения состояния.
6. Напишите аналитические выражения I закона термодинамики через энтальпию и внутреннюю энергию, объясните их. Объясните содержание закона.
7. Напишите аналитическое выражение II закона термодинамики. Содержание и основные формулировки II закона термодинамики.
8. Что такое обратимые и необратимые процессы? Изменение энтропии системы в необратимых процессах. Изменение энтропии в адиабатных процессах.
9. Как может изменяться энтропия в изолированной системе при протекании в ней различных термодинамических процессов?

#### Раздел 1: тема 1.2.

1. Какие режимы течения жидкости бывают?
2. Что определяет число подобия Рейнольдса?
3. Что определяют число подобия Эйлера?
4. Каков физический смысл уравнения Бернулли.
5. Что такое бародиффузия
6. Каковы особенности бародиффузии.
7. В чем физическое отличие теплопереноса от тепломассопереноса.

#### Раздел 1: тема 1.3.

1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
2. Понятие температурного поля.
3. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
4. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
5. Понятие градиента температуры.
6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
8. называется стационарным?
9. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.

10. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
11. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.
12. Понятие нестационарного теплового режима.
13. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
14. Понятие безразмерной температуры.
15. Число Био, его физический смысл.
16. Формула и физический смысл числа Фурье.
17. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
18. Принцип расчета нагревания или охлаждения тел конечных размеров.
19. Какие теплообменные аппараты работают при нестационарном тепловом режиме?

Раздел 1: тема 1.4.

1. В каких средах возможна конвекция?
2. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
3. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
4. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
5. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
6. Режимы движения жидкости.
7. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
8. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
9. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
10. Понятие динамического пограничного слоя.
11. Понятие теплового пограничного слоя.
12. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
13. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции
14. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
15. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
16. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
17. Число Грасгофа, его физический смысл.
18. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.
19. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.
20. Физическая сущность процесса теплового излучения.

Раздел 2: тема 2.1.

1. Дайте определение процесса горения.
2. Коэффициент избытка воздуха и его физический смысл.
3. Теплогенерация за счет выгорания примесей (приведите пример)
4. Температура воспламенения топлива: понятие и физический смысл.
5. Температура горения: понятие и физический смысл

Раздел 2: тема 2.2.

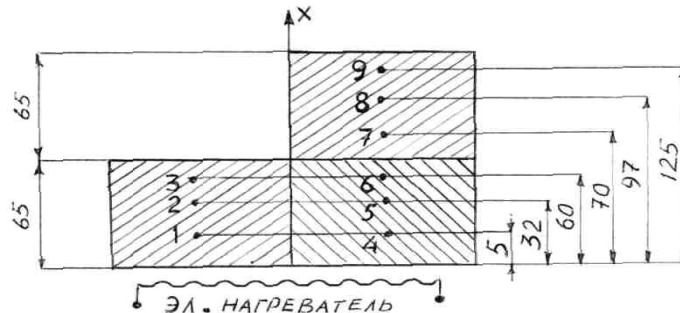
1. В чем отличие полного горения от неполного.

2. Чем опасно неполное горения для экологии
3. Способы борьбы с неполным горением.
4. Устройство и принцип работы горелок эжекционного типа
5. Устройство и принцип работы топок для слоевого сжигания топлива.
6. Основы теплогенерации за счет электрической энергии (индукционный нагрев, диэлектрический, электронно-лучевой.)

### 6.2 примерные темы ИДЗ

#### ИДЗ №1

Даны одно и двухслойная кирпичные стенки. Определить плотность теплового потока теплопроводностью, конвекцией, излучением для исходных данных:



Однослойная стенка			Двухслойная стенка						Температура воздуха в лаборатории	
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
224	214	192	202	177	155	147	125	95	25	

#### ИДЗ №2

Трубопровод  $d_1/d_2=14/16$  из стали с коэффициентом теплопроводности  $46 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$  теплоизолирован стекловатой с коэффициентом теплопроводности  $0,055 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ . Внутри протекает вода с температурой  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлением  $4 \text{ кгс/см}^2$ . Коэффициент теплоотдачи от воды к внутренней поверхности трубы  $2000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Температура окружающей среды  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Какой должна быть толщина тепловой изоляции, чтобы тепловые потери снизились в 2 раза при неизменном коэффициенте теплоотдачи с поверхности трубы и изоляции  $15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ?

#### ИДЗ №3

Определить число Рейнольдса  $Re$  при обтекании пластины длиной  $l=5 \text{ м}$  сухим воздухом при температуре  $t=30 \text{ }^\circ\text{C}$  со скоростью  $w=2 \text{ м/с}$ , если коэффициент кинематической вязкости равен  $\nu=16\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

#### ИДЗ №4

Задан состав каменного угля на горючую массу топлива, %:  $S_g, O_g, H_g, S_g, N_g$ , зольность приведена на сухую массу  $A_c$ , влажность на рабочую массу  $W_1^p$ . Определить

состав топлива на рабочую массу топлива при влажности  $W_1^p$ , и подсушенного топлива при влажности  $W_2^p$ .

Состав каменного угля, %								
№	C <sub>г</sub>	H <sub>г</sub>	N <sub>г</sub>	O <sub>г</sub>	S <sub>г</sub>	A <sub>c</sub>	W <sub>1</sub> <sup>p</sup>	W <sub>1</sub> <sup>p</sup>
1	76,0	5,5	1,6	11,7	5,2	17,5	13,0	5,0

#### ИДЗ №5

Определить коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ , если известно содержание CO<sub>2</sub>,% в сухих продуктах сгорания, при полном сжигании природного газа.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CO <sub>2</sub> ,%	11,4	11,2	11,0	10,8	10,6	10,4	10,2	10,0	9,8	9,6

6.3. *Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:*

1. Основные закономерности механики печных газов.
2. Свободные и частично ограниченные струйные течения.
3. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор.
4. Потери энергии при движении газов.
5. Виды переноса теплоты. Основные понятия и определения.
6. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия.
7. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него.
8. Стационарная и нестационарная теплопроводность
9. Конвективный теплообмен при свободном и вынужденном движении газов.
10. Критериальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Теплообмен излучением. Виды лучистых потоков.
12. Особенности излучения газов.
13. Теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве.
14. Угловые коэффициенты излучения.
15. Теплообмен излучением при наличии экранов между поверхностями.
17. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.
18. Основы расчета нагрева «тонких» и «массивных» заготовок.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОК-4. Владением компетенциями самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность обучаться)		
Знать:	Основные существующее действующее теплотехническое оборудование промышленных производств; направления совершенствования и тенденции мирового развития в области теплотехнического оборудования	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные объекты теплотехнологий промышленных производств.</li> <li>2. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются законы гидрогазодинамики.</li> <li>3. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются законы аэродинамики.</li> <li>4. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон Фурье.</li> <li>5. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон Ньютона-Рихмана.</li> <li>6. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон Стефана-Больцмана.</li> <li>7. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон диффузии.</li> <li>8. Определение объектов теплотехнологий, в которых преимущественно применяются законы термодинамики (в части сгорания энергетического топлива).</li> </ol>
Уметь:	Определять основное существующее действующее теплотехническое оборудование промышленных производств; определять пути совершенствования области теплотехнического оборудования	<p><b>Примерное практическое задание для зачета:</b></p> <p>Задания для написания рефератов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Объекты теплотехнологий промышленных производств.</li> <li>2. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются законы гидрогазодинамики.</li> <li>3. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются законы аэродинамики.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		4. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон Фурье. 5. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон Ньютона-Рихмана. 6. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон Стефана-Больцмана. 7. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются закон диффузии. 8. Объекты теплотехнологий, в которых преимущественно применяются законы термодинамики (в части сгорания энергетического топлива).
Владеть:	Методами сбора и представления информации для определения основного действующего теплотехнического оборудования промышленных производств; навыками критического анализа направлений совершенствования в области теплотехнического оборудования	<b><i>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</i></b> С использованием библиотечных ресурсов провести поиск информации по теме, заданной преподавателем. Примеры тем: 1. Способы снижения выбросов оксида углерода за счет организации полного горения: перспективы и проблемы 2. Снижение выбросов диоксида углерода на основе производства сухого льда. 3. Тепловое воздействие теплотехнологических агрегатов на персонал, пути решения, трудности.
ПК-22. Способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач		
Знать:	Базовые знания в области естественнонаучных дисциплин; основные проблемы естественнонаучных дисциплин; основные методы решения проблем естественнонаучных дисциплин.	<b><i>Перечень теоретических вопросов к зачету:</i></b> 1. Термодинамика и механика газов. 2. Энтальпия, теплота. 3. Основные уравнения течения газа. 4. Основные сведения из механики газов. 5. Режимы движения жидкости. 6. Истечение газа через отверстия. 7. Уравнение Бернулли. Струйное движение газа. 8. Тепло- и массоперенос.



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		9. Явления, законы и уравнения переноса вещества, тепла и импульса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия.
Уметь:	Выбрать методики базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин; грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы; грамотно поставить задачу, подобрать методику исследования и решения поставленной проблемы и решить её разными способами.	<p><b>Примерное практическое задание для зачета:</b></p> <p>1. В каких единицах измеряется количество теплоты?  °C;  кг/м;  Дж;  Н/м</p> <p>2. Теплопроводность каких материалов наибольшая?  Металлов;  Газов;  Твердых тел - диэлектриков;  Жидкостей.</p> <p>3. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?  От вида движения жидкости;  От температуры и физических свойств веществ;  От массы и площади поверхности тела;  От количества подведенной теплоты.</p> <p>4. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:  <math display="block">q = \frac{\delta}{\lambda} (t_2 - t_1);</math> <math display="block">q = -\lambda grad t;</math> <math display="block">q = \alpha (t_2 - t_1);</math> <math display="block">q = \frac{\lambda}{\delta} (t_2 - t_1).</math></p> <p>5. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?  <math display="block">q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}</math></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$ $q = \frac{t_{жс1} - t_{жс2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ <p>6. Указать, какому интервалу значений коэффициента <math>\lambda</math> соответствует теплопроводность сталей.  20 – 50 Вт/(м °С)  0,07 – 4 Вт/(м °С)  0,007 – 0,07 Вт/(м °С)</p> <p>7. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?  <math>\frac{Вт}{м^2}</math>;  <math>\frac{Вт}{м^2 \cdot град}</math>;  <math>\frac{Вт}{м \cdot град}</math>;  Вт.</p> <p>8. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:  От одной среды к другой;  Внутри твердых стенок;  От одной среды к другой через разделительную стенку;  От жидкостей к твердым стенкам.</p> <p>9. Число Фурье определяет:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Режим движения жидкости; Термическую массивность тел; Безразмерное время нагрева; Физические параметры вещества.</p>
Владеть:	<p>Навыками проведения анализа поставленной задачи; навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи; навыками проведения анализа поставленной задачи, выбора методики решения поставленной задачи и решить её разными способами.</p>	<p><b>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</b>          Задача 1. Плоская печная стенка состоит из слоя огнеупорного материала толщиной <math>S_1</math>, м и теплоизоляционного слоя толщиной <math>S_2</math>, м. Коэффициенты теплопроводности слоев равны: первого <math>\lambda_1</math>, Вт/(м К), второго <math>\lambda_2</math>, Вт/(м К). Температура газов омывающих внутреннюю поверхность стенки <math>t_g</math>, С; коэффициент теплоотдачи к внутренней стенке <math>\alpha_1</math>, Вт/(м·К); от наружной стенки к воздуху <math>\alpha_2</math>, Вт/(м·К). Площадь стен <math>f</math>, м. Температура воздуха, омывающего наружную поверхность стенки <math>t_v</math>, °С.          Необходимо определить:          а) общее тепловое сопротивление от газов и воздуху - <math>R</math>, Общий коэффициент теплопередачи <math>K</math>, плотность теплового потока <math>q</math> и количество теплоты <math>Q</math>, теряемое стенкой при трех вариантах указанных в таблице 2;          б) найти температуры в стыке слоев <math>t_1, t_2, t_3</math> для тех же вариантов;          в) построить для третьего варианта графики распределения температуры в координатах <math>t-S</math> и <math>t-R</math>; сравнить с температурами, полученными аналитическим путем ( по формулам);          г) определить снижение потерь тепла во втором и третьем вариантах по сравнению с первым (в процентах). Потери при первом варианте принимаются за 100%;          д) результаты расчетов представить в виде таблицы 1 (Прил. 1.) и сделать выводы о роли тепловой изоляции для снижения потерь тепла через кладку. Варианты задачи даны в таблице 2 (Прил. 2).</p>
ПК-23. Способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных		
Знать:	Основные определения и понятия	<b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин. Фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам. Основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>2. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме.</li> <li>3. Теплопередача. Конвективный тепло- и массоперенос при свободном и вынужденном течении.</li> <li>4. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.</li> <li>5. Радиационный тепло- и массоперенос. Основные понятия и законы.</li> <li>6. Виды лучистых потоков.</li> <li>7. Сложный теплообмен.</li> <li>8. Теплогенерация за счет сжигания топлива. Основные характеристики топлива.</li> <li>9. Основы теории горения. Расчеты полного и неполного горения топлива.</li> <li>10. Устройства для сжигания топлива. Теплогенерация за счет электроэнергии.</li> </ol>
<p>Уметь:</p>	<p>объяснять типичные модели задач в области теплообмена. обсуждать эффективные способы решения проблем теплообмена строить и анализировать математические модели тепломассопереноса. Распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена.</p>	<p><b>Примерное практическое задание для зачета:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:  <math>Bi \rightarrow 0</math>;  <math>Bi \rightarrow \infty</math>;  <math>Bi &lt; 0</math>;  <math>Bi \leq 0,25</math>.</li> <li>2. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?  <math>Pr</math>;  <math>Nu</math>;  <math>Re</math>;  <math>Gr</math>.</li> <li>3. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?  <math>Nu = f(Gr, Pr)</math>;  <math>Nu = f(Re, Pr)</math>;  <math>Nu = f(Fo, Pr)</math>;</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><math>Nu = f(Gr, Pr)</math></p> <p>4. Какие значения Re соответствуют турбулентному режиму движения жидкости в трубах (каналах)  <math>Re &gt; 1300</math>;  <math>Re &lt; 9300</math>;  <math>Re &gt; 10300</math>;  <math>Re &gt; 2300</math>.</p> <p>5. Число Рейнольдса определяется по формуле</p> <p>1. <math>Re = \frac{Wd}{\mu}</math>                      2. <math>Re = \frac{Wd}{\nu}</math></p> <p>3. <math>Re = \frac{vd}{W}</math>                      4. <math>Re = \frac{vd}{W}</math></p> <p>6. Какое значение поглощательной способности имеет абсолютно черное тело:  <math>A &lt; 1</math>;  <math>A = 0</math>;  <math>A = 1</math>;  <math>A &gt; 1</math></p> <p>7. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением?  <math>q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}</math>  <math>q = \alpha(t_c - t_{жс})</math>  <math>q = \varepsilon \cdot c_o \left(\frac{T}{100}\right)^4</math></p> <p>8. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью?  He, Ar, Ne;  N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub></p>



Приложение 1

	Варианты задачи	R	K	q	Q	Температура, °C				
						t <sub>г</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>в</sub>
	температуры полученные									
	аналитически									
	графически									
3	С удвоенной тепловой изоляцией									
	тепловые показатели									
	температуры полученные									
	аналитически									
	графически									
4	Снижение потерь теплоты по сравнению:									
	с первым вариантом									
	с вторым вариантом									
	с третьим вариантом									

Приложение 2

№ варианта	Данные условия задачи №1								
	S <sub>1</sub> , м	S <sub>2</sub> , м	λ, Вт/мК	λ, Вт/мК	t <sub>г</sub> , °C	t <sub>в</sub> , °C	α <sub>1</sub> , Вт/м <sup>2</sup> К	α <sub>2</sub> , Вт/м <sup>2</sup> К	f
1	0,23	0,115	1,0	0,1	1000	15	100	20	15
2	0,23	0,23	1,2	0,1	900	10	120	20	12
3	0,46	0,065	0,9	0,3	1200	20	80	19	18
4	0,46	0,115	1,3	0,2	1350	5	150	18	15
5	0,345	0,23	1,2	0,4	850	10	120	20	11
6	0,23	0,115	1,1	0,3	850	8	110	21	10
7	0,345	0,065	1,4	0,2	900	20	130	17	14
8	0,46	0,10	1,6	0,1	1200	30	100	15	17
9	0,23	0,130	1,1	0,15	900	10	120	15	13
10	0,46	0,23	1,0	0,3	1300	15	140	16	12

11	0,46	0,13	0,9	0,35	1200	10	130	17	15
12	0,46	0,10	1,0	0,25	1250	5	115	20	18
13	0,23	0,23	1,1	0,3	800	15	100	19	10
14	0,23	0,115	0,9	0,3	800	20	110	15	12
15	0,345	0,10	1,2	0,1	1000	30	115	15	14
16	0,345	0,23	1,0	0,2	1100	10	110	18	10
17	0,345	0,115	1,3	0,2	1000	10	125	20	11
18	0,46	0,23	1,1	0,1	800	5	100	20	18
19	0,46	0,115	1,3	0,2	1000	20	15	17	20
00	0,23	0,23	1,1	0,1	800	5	100	20	18

Приложение 3

№	$t_{\phi}$	D	$t_{нач}$	$\lambda_{ст}$	$C_{ст}$	$\rho_{ст}$	$\alpha$	$t_{пов}$
1	1300	0,24	14	30	0,54	7820	250	1200
2	1200	0,17	20	28	0,50	7840	200	1120
3	1100	0,15	40	35	0,63	7800	180	1040
4	1400	0,30	60	28	0,61	7850	310	1250
5	1400	0,25	12	25	0,57	7810	350	1100
6	1400	0,28	50	29	0,54	7800	340	1200
7	1300	0,32	10	30	0,52	7780	300	1150
8	1300	0,23	20	25	0,62	7820	280	1200
9	1300	0,20	25	33	0,60	7850	270	1250
10	1250	0,24	24	35	0,55	7850	260	1150
11	1250	0,18	20	27	0,51	7800	250	1100
12	1250	0,19	10	29	0,54	7790	255	1050
13	1200	0,30	17	25	0,60	7800	240	1080
14	1200	0,35	15	30	0,52	7850	250	1100
15	1200	0,23	20	20	0,61	7820	240	1120
16	1150	0,19	30	18	0,53	7830	200	1060
17	1150	0,15	25	23	0,55	7840	210	1050



№	$t_{эф}$	D	$t_{нач}$	$\lambda_{ст}$	$C_{ст}$	$\rho_{ст}$	$\alpha$	$t_{пов}$
18	1150	0,20	14	24	0,60	7800	220	1080
19	1200	0,30	24	28	0,63	7850	240	1100
20	1400	0,25	12	25	0,57	7810	350	1100
21	1200	0,30	15	25	0,60	7800	240	1080
22	1150	0,20	14	24	0,60	7800	220	1080

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.**

Для получения зачета по дисциплине студент должен показать следующие знания, умения и навыки по использованию и внедрению результатов образовательной деятельности:

Для получения зачета по дисциплине студент должен показать следующие знания, умения и навыки по использованию и внедрению результатов образовательной деятельности:

– на оценку **«зачтено»**:

Студент должен показать уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

Студент должен предоставить выполненное задание, в котором были бы отражены проблемы, касающиеся всех аспектов изучаемой дисциплины.

– на оценку **«не зачтено»**:

Студент не владеет терминологией изучаемой дисциплины;

Студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины;

Не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.